

Lernen mit Multimedia – die Grundlagen

(nach: SWELLER, Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning, in: Mayer (Hg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, New York 2005, S. 19-30. MAYER, Cognitive Theory of Multimedia Learning, in: Mayer (Hg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, New York 2005, S. 31-48.)

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Hinweis | 1 |
| Begriffsklärung | 2 |
| Kognition, kognitiv..... | 2 |
| Langzeitgedächtnis..... | 2 |
| Arbeitsgedächtnis | 2 |
| 1 – Die Kognitive Belastungstheorie | 3 |
| Einleitung..... | 3 |
| Das Langzeitgedächtnis | 4 |
| Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis | 5 |
| Das Arbeitsgedächtnis..... | 6 |
| Multimedia und die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses..... | 7 |
| Zusammenspiel von Arbeits- und Langzeitgedächtnis..... | 8 |
| Konsequenzen für das Aufbereiten von Lerninhalten..... | 9 |
| Was sind nun kognitive Belastungen? | 10 |
| <i>Extrinsische kognitive Belastungen</i> | 10 |
| <i>Intrinsische kognitive Belastung</i> | 12 |
| <i>Lernbezogene Kognitive Belastung</i> | 13 |
| Zusammenfassung | 14 |
| 2 – Die Kognitive Theorie multimedialen Lernens | 15 |
| Einleitung..... | 15 |
| Drei Grundannahmen für die Theorie zum multimedialen Lernen..... | 16 |
| <i>Die Zwei-Kanal-Annahme</i> | 16 |
| <i>Die Begrenzte-Kapazität-Annahme</i> | 18 |
| <i>Die Aktive-Verarbeitungs-Annahme</i> | 19 |
| Drei Gedächtnisarten beim multimedialen Lernen..... | 20 |
| Drei Prozesse beim multimedialen Lernen | 22 |
| Drei „Bausteine“ multimedialer Präsentationen..... | 23 |
| Zusammenfassung | 25 |

Hinweis

Diese Arbeit beabsichtigt die Aufsätze von Sweller und Mayer für ein Referat in pädagogischer Psychologie für Lehramtsstudenten aufzuarbeiten. Um das Verstehen zu fördern wurden die zentralen Begriffe in den englischsprachigen Aufsätzen ins Deutsche übersetzt, sofern dies möglich war. Es besteht daher kein Anspruch auf wissenschaftlich-psychologisch korrekte Ausdrucksweise, auch nicht bei der Verwendung deutscher Fachbegriffe der Psychologie. Diese Arbeit will das Verstehen von Swellers und Mayers psychologischen Theorien zum Lernen, insbesondere mit Multimedia, für Fachfremde zu erleichtern. Da selbst von Fachfremden verfasst, kann keine Garantie dafür gegeben werden, dass die folgenden Ausführungen zu hundert Prozent korrekt sind. Des Weiteren wird darauf verzichtet, immer wieder explizit darauf hinzuweisen, dass es sich bei den folgenden Ausführungen um die Ansichten von Sweller und Mayer handelt. Vielmehr werden ihre Forschungen und Ergebnisse mehr oder weniger als Tatsachen dargestellt, was sie natürlich nicht zwangsläufig sind, denn die Forschung in diesem Bereich ist noch sehr aktiv und so können durchaus neue Erkenntnisse gewonnen und Theorien entwickelt werden, die die in dieser Arbeit dargestellten ergänzen, verändern, oder gar obsolet machen. Kurzum, dies ist keine wissenschaftliche Arbeit!

Begriffsklärung

Kognition, kognitiv

Prozesse und Produkte von Wahrnehmung – Wahrnehmen, Erkennen, Denken, Schlussfolgern, Urteilen, Erinnern. Der Begriff Kognition ist damit sehr weit gefasst und umfasst praktisch den gesamten intellektuellen Prozess von der Wahrnehmung über die Verarbeitung und Bewertung von Informationen bis hin zum Erinnern derselben. (Der Begriff Kognition kommt von dem lateinischen Wort „cognoscere“ und bedeutet soviel wie „erkennen“ oder „erfahren“.)

Langzeitgedächtnis

Das Langzeitgedächtnis sammelt Wissen. Nur wenn Wissen dort gespeichert ist, gilt es als gelernt. Die Kapazität des Langzeitgedächtnisses ist praktisch unbegrenzt. (Vgl. Festplatte eines Computers)

Arbeitsgedächtnis

Das Arbeitsgedächtnis muss alle neuen Information organisieren um sie dann im Langzeitgedächtnis abzulegen. Es ist in seiner Speicherkapazität stark eingeschränkt und beim Lernprozess dem Langzeitgedächtnis immer vorgeschaltet. (Vgl. Arbeitsspeicher eines Computers)

1 – Die Kognitive Belastungstheorie

Einleitung

Um für den Lernenden die Lerninhalte optimal aufzubereiten bedarf es des Wissens um kognitive Strukturen und ihre Organisation. Ohne dieses Wissen bleibt eine erfolgreiche Vermittlung der Lerninhalte reiner Zufall. Die Kognitive Belastungstheorie¹ dient damit der Verknüpfung von Wissen um die kognitiven Prozesse beim Lernen mit dem Entwickeln von multimedialen Lernmaterialien. Der Begriff Multimedia ist hierbei nicht auf die neuen Medien beschränkt, sondern muss allgemeiner verstanden werden. Ein Buch mit Text und Bildern ist dementsprechend genauso multimedial wie eine Computeranimation mit einem Audiokommentar. Ein Buch, welches nur Text enthält oder eine Animation ohne Text oder Audiokommentar ist demnach monomedial. Es geht also um die optimale Verknüpfung verschiedener Medien (Text, Bild, Animation, gespr. Sprache) um den Lernenden das Lernen zu erleichtern. Die Elemente der Kognitiven Belastungstheorie haben dabei entscheidenden Einfluss auf den Erfolg bei multimedialem Lernen.

Im Folgenden werden die Prozesse und Strukturen menschlicher Kognition immer wieder mit der Evolutionstheorie verglichen. Die Kognitive Belastungstheorie und die Evolutionstheorie weisen große Ähnlichkeiten auf, wobei letztere jedoch weit besser und erschöpfender erforscht wurde. Damit eignet sie sich hervorragend um die Kognitive Belastungstheorie verständlicher darzustellen.

¹ cognitive load theory

Das Langzeitgedächtnis

Das Langzeitgedächtnis² ist in seiner Bedeutung für die menschliche Kognition vergleichbar mit der Bedeutung des genetischen Codes für die Biologie. Letzterer bestimmt nicht nur das biologische Leben, er unterliegt auch einer permanenten natürlichen Selektion durch die Evolution um sich an veränderte Lebensbedingungen anzupassen. Ähnlich verhält es sich mit dem Langzeitgedächtnis. Es bestimmt gleichsam das kognitive Leben eines Menschen, indem alles, was dort gespeichert (gelernt) wurde, praktisch alle menschlich-kognitiven Aktivitäten beeinflusst. Alles was gelernt und damit im Langzeitgedächtnis abgelegt wurde dient lediglich dazu, sich an eine veränderte kognitive Umgebung anzupassen. Im Gegensatz zur Evolution müssen die Veränderungen im Langzeitgedächtnis jedoch nicht zwingender Natur sein, können also auch freiwillig ohne direkten Überlebensvorteil erworben werden (das Lernen einer Fremdsprache kann durchaus aus reinem Interesse geschehen, ohne dass eine Notwendigkeit besteht).

Die Informationen im Langzeitgedächtnis werden über einen langen Zeitraum gelernt, ebenso wie sich der genetische Code im Laufe der Zeit entwickelt. Lernen wird somit definiert als Umbau und Ergänzung des Langzeitgedächtnisses – wurde nichts im Langzeitgedächtnis verankert, dann wurde auch nichts gelernt. Das Ziel von Wissensvermittlung muss also sein, das neue Wissen im Langzeitgedächtnis angemessen zu verankern. Dabei ist die Speicherkapazität praktisch unbegrenzt, eine Erkenntnis, die im Vergleich zum Arbeitsgedächtnis später noch wichtig wird.

Die enorme Speicherkapazität des Langzeitgedächtnisses lässt sich an einem einfachen Beispiel zeigen: dem Schachspiel. So sind Schachmeister in der Lage, praktisch jeden Gegner zu besiegen. Natürlich wären sie keine Schachmeister, wenn dem nicht so wäre, aber der Grund, warum sie so gut sind, ist ein anderer, als man vermutlich gemeinhin annimmt. Nicht die Intelligenz spielt die übergeordnete Rolle, sondern das Langzeitgedächtnis. Untersuchungen haben gezeigt, dass Schachmeister bis zu 100.000 Spielkombinationen im Langzeitgedächtnis gespeichert haben. Daraus folgt ein, zumindest beim Schachspiel, hervorragendes Problemlösungsvermögen: Schachmeister können praktisch jede mögliche Ausgangslage erinnern und sofort die beste Antwort darauf abrufen, und das ohne Zeitverlust.

Es zeigt sich also, dass ein großer Wissensumfang Experten auf ihrem Fachgebiet ein entsprechend schnelles Abrufen von Informationen ermöglicht. Lerninhalte müssen also dahingehend aufbereitet werden, dass Lernende eine ähnliche Leichtigkeit entwickelt.

² long-term memory

Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis

Die Feststellung, dass das Primärziel von Wissensvermittlung eine Ansammlung von Wissen im Langzeitgedächtnis ist führt oft zu einem Missverständnis: stupides Auswendiglernen als Mittel zum Zweck.

Tatsächlich hat Auswendiglernen seinen Platz beim Lernen, denn es führt durchaus zu Änderungen und Ergänzungen der Strukturen im Langzeitgedächtnis, etwas wird also gelernt. Allerdings sind nur einige Verbindungen zwischen den gelernten Elementen vorhanden, andere wichtige jedoch fehlen. Lernen durch Verstehen ist dem reinen Auswendiglernen deshalb überlegen, da hier Zusammenhänge verstanden und eingeprägt werden, also alle wichtigen Elemente berücksichtigt werden. Es werden mehr Veränderungen und Ergänzungen im Langzeitgedächtnis hervorgerufen als beim sturen Auswendiglernen, verursacht durch das Verstehen. Das Alphabet auswendig zu lernen ist möglich, befähigt den Lernenden jedoch noch nicht dazu, die Buchstaben zum Beispiel zum Schreiben eines Textes einzusetzen. Erst ein Verstehen der Zusammenhänge von Alphabet, Schriftlichkeit und Sprache erzeugt also ein ganzheitliches Wissen und hat größere Auswirkungen auf das Langzeitgedächtnis. Verstehen ist damit beschreibbar als zusätzliche Änderungen im Langzeitgedächtnis (im Vergleich zum Auswendiglernen).

Informationen im Langzeitgedächtnis werden als sogenannte Schemata gespeichert. Darunter werden kognitive Konstrukte verstanden, die es ermöglichen, viele Informationselemente als Einheit zu organisieren und zu kategorisieren. Alles Können in komplexen Gebieten (z.B. Schachspielen, Lesen) setzt nun das Aneignen von unzähligen Schemata voraus. Das jedoch benötigt viel Zeit. Es spielt dabei allerdings keine Rolle, ob Wissen bildlich oder verbal, geschrieben oder gesprochen, vorliegt, immer müssen Schemata erzeugt und im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Allerdings gibt es entsprechend visuelle und auditive Schemata (Schach erzeugt so z.B. visuelle Schemata, gespr. Sprache auditive).

Doch mit dem Anlegen von Schemata im Langzeitgedächtnis ist das Lernen noch nicht abgeschlossen. Nachdem ein Schema gespeichert wurde lässt es sich zunächst nur bewusst abrufen, es bedarf also einer gewissen aktiven kognitiven Anstrengung um das Gelernte zu erinnern. Erst Wiederholungen über einen längeren Zeitraum führen zu einem automatisierten Abrufen der Schemata ohne bewusste Steuerung (vgl. Kuppeln beim Autofahren, Sprachen).

Das Arbeitsgedächtnis

Das Arbeitsgedächtnis³ unterscheidet sich entscheidend vom Langzeitgedächtnis. Um zu verstehen, was es bedeutet, dass Wissen bewusst oder automatisch abgerufen werden kann, ob das Gelernte verstanden oder nicht verstanden wurde, muss das Arbeitsgedächtnis selbst und in Zusammenarbeit mit dem Langzeitgedächtnis untersucht werden.

Neue, bisher gänzlich unbekannte Informationen werden zuerst im Arbeitsgedächtnis verarbeitet, daran führt kein Weg vorbei. Überhaupt lässt sich das Arbeitsgedächtnis beim Lernen nicht umgehen, es ist immer dem Langzeitgedächtnis vorgeschaltet. Dabei unterliegt es zwei elementaren Einschränkungen, die von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Aufbereitung von Lerninhalten sind. Zum einen kann das Arbeitsgedächtnis nur etwa sieben Informationselemente gleichzeitig verarbeiten. Zum anderen bleiben diese Elemente nur maximal 20 Sekunden im Arbeitsgedächtnis und verschwinden dann, sofern sie nicht erneuert werden. Diese beiden Tatsachen müssen unbedingt Berücksichtigung finden, wenn Lerninhalte medial aufbereitet werden! Geschieht dies nicht, so besteht die Gefahr, dass das Arbeitsgedächtnis überbelastet und der Lernerfolg zur Glücksache wird. (Anmerkung: Lernerfolg ist natürlich auch von anderen Faktoren abhängig, wie der persönlichen Motivation des Lernenden. Sweller und Mayer geht es jedoch nur um den Lernerfolg bedingt durch optimal aufbereitete Lerninhalte.)

Da die Evolution selten Unnötiges hervorbringt muss man davon ausgehen, dass die Limitierung des Arbeitsgedächtnisses durchaus seine Gründe hat. Trotzdem möchte man zuerst annehmen, dass ein größeres Arbeitsgedächtnis vorteilhafter wäre, die Beschränkungen also eher hinderlich sind. Um diesen Widerspruch zu klären muss erstmal festgestellt werden, dass das Arbeitsgedächtnis, im Gegensatz zum Langzeitgedächtnis, nicht über eine übergeordnete, die Informationen organisierende Instanz verfügt. Neue Lerninhalte können vom Arbeitsgedächtnis nur auf eine einzige Art organisiert werden, nämlich nach dem Prinzip von „Versuch und Irrtum“. Das bedeutet, dass alle Elemente im Arbeitsgedächtnis untereinander verknüpft und diese Verknüpfungen dann auf Effektivität getestet werden müssen. Passen die Verknüpfungen nicht, werden sie wieder aufgelöst, die Elemente neu, diesmal anders, miteinander verknüpft und erneut getestet. Das geht solange weiter, bis die korrekte und sinnvolle Verknüpfung gefunden wurde. Man stelle sich ein Computerprogramm mit sieben Buttons vor. Der Anwender hat keinerlei Ahnung von diesem Programm, er weiß nur, dass er alle sieben Buttons in einer bestimmten Reihenfolge drücken muss, damit das Programm seine eigentliche Aufgabe erfüllt. Er muss nun also solange alle

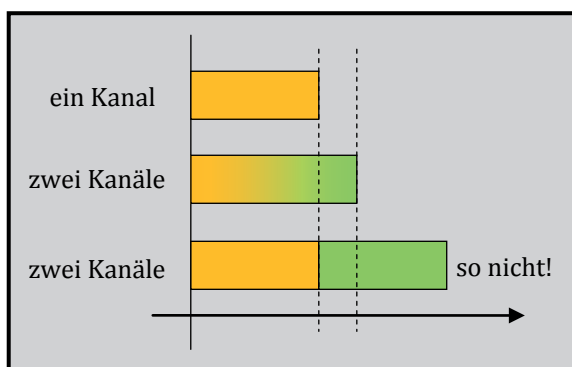
³ working memory, auch als Kurzzeitgedächtnis bezeichnet

möglichen Kombinationen durchprobieren, bis er die richtige gefunden hat. So ähnlich verhält es sich auch mit dem Arbeitsgedächtnis. Diesen Vorgang kann man rechnerisch darstellen: Bei vier Elementen im Arbeitsgedächtnis gibt es maximal 24 mögliche Kombinationen (4!), bei sieben Elementen bereits 5040, und bei 10 Elementen über 3,5 Millionen – so viele Kombinationen nach dem Prinzip von „Versuch und Irrtum“ zu testen ist praktisch unmöglich. So ist ein kleineres Arbeitsgedächtnis paradoxerweise effizienter als ein größeres Arbeitsgedächtnis.

Ähnlich verhält es sich in der Evolutionstheorie: Jede Mutation im Erbgut wird immer erst durch die Natur auf ihre Tauglichkeit hin überprüft. Das Ergebnis schlägt sich dann in der individuellen Überlebenschance und der Nachkommenzahl nieder, eine natürliche Selektion. Ohne Anleitung (im Sinne von an-leiten) irgendeiner Art ist das Arbeitsgedächtnis also gezwungen, diese „natürliche Selektion“ durchzuführen. Dass dieses Verfahren denkbar ineffizient ist, steht wohl außer Frage. Aus dieser Erkenntnis muss zwangsläufig geschlossen werden, dass alles auf Untersuchung (im Sinne von Absuchen) basierendes Lernen⁴ ebenfalls ausgesprochen ineffektiv und langsam ist. Hauptaufgabe der Wissensvermittlung muss es nun sein, diese Beschränkungen des Arbeitsgedächtnisses zu umgehen, denn Übergehen lässt es sich nicht. „Evolutionäres Lernen“ macht nur Sinn, wenn es keine Alternativen gibt – es müssen als Alternativen gefunden werden.

Multimedia und die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses

Neueste Forschungen gehen davon aus, dass das Arbeitsgedächtnis über verschiedene Kanäle der Informationsaufnahme und -Verarbeitung verfügt, nämlich einen visuellen und einen auditiven Kanal. Neben den bereits angesprochenen Einschränkungen muss also auch diese Erkenntnis bei der Aufbereitung von Lerninhalten berücksichtigt werden. Hier liegt eine Möglichkeit, die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses ein wenig zu umgehen, denn der angemessene Einsatz beider Kanäle parallel kann dessen Kapazität erhöhen. Zwar addieren sich die Kanäle nicht, aber



dennoch ist ein deutlicher Anstieg der Kapazität zu verzeichnen. Wenn also die Lerninhalte unter Verwendung beider Kanäle vermittelt werden erhöht sich die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, auch wenn sie sich nicht verdoppelt.

⁴ inquiry-based learning

Zusammenspiel von Arbeits- und Langzeitgedächtnis

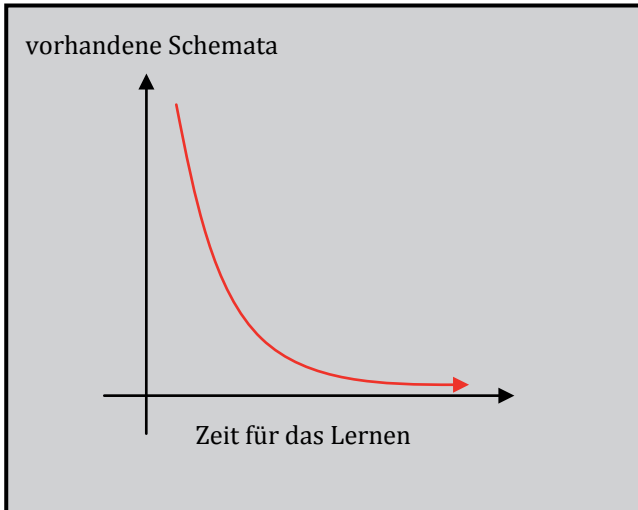
Das Zusammenspiel dieser beiden Gedächtnisarten ist für die optimale Aufbereitung von Lerninhalten von entscheidender Bedeutung. Die bereits angesprochenen Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses gelten nur für komplett neue Lerninhalte. Informationen, die bereits als Schemata organisiert im Langzeitgedächtnis vorliegen können ebenfalls ins Arbeitsgedächtnis gelangen, unterliegen dort jedoch keinerlei Einschränkungen. So mag es zwar individuelle Unterschiede in der Kapazität dieses Gedächtnisses geben, sobald es jedoch mit bereits organisierten, vorhandenen Schemata arbeitet werden diese Unterschiede irrelevant. Mit zunehmendem Auftauchen bekannter Informationen werden die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses also Zusehens unkritischer. Arbeitet es mit automatisierten Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, fallen die Einschränkungen vollständig weg.

Verstehen der Lerninhalte tritt auf, wenn alle relevanten Informationen gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden können. Dafür werden neue Informationen dort erst organisiert und dann als Schema im Langzeitgedächtnis abgelegt. Ein erneutes Aufrufen aller relevanten Informationen im Arbeitsgedächtnis sorgt dann für das Verstehen des Gelernten. Das wiederum bedeutet, dass große Informationsmengen erst vollständig verarbeitet werden können, nachdem sie organisiert wurden. Ohne Organisation ist die Menge der verarbeitbaren Informationen an die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses gebunden.

Nun könnte man sich denken, dass sich das Arbeitsgedächtnis umgehen ließe, wenn die zu lernenden Inhalte im Vorwege bereits entsprechend organisiert wären. Dem ist nicht so, denn wie bereits erwähnt wurde lässt sich das Arbeitsgedächtnis nicht umgehen. Alle Informationen, die im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden sollen, müssen erst das Arbeitsgedächtnis passieren und dort organisiert werden. So perfekt auch die Aufbereitung der Lerninhalte ist, sie hat keinen direkten Einfluss auf das Langzeitgedächtnis. Schnelle, umfangreiche Änderungen und Erweiterungen im Langzeitgedächtnis sind also nicht möglich. Lernen kann also nur kleinschrittig unter Berücksichtigung der besonderen Voraussetzungen des Arbeitsgedächtnisses erfolgen.

Wie bereits festgestellt besitzt das Arbeitsgedächtnis keine übergeordnete Instanz, welche die neuen Informationen organisieren könnte, es ist daher auf das Prinzip von „Versuch und Irrtum“ angewiesen. Wie die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses erhöht werden kann, nämlich durch den Einsatz beider Kanäle, wurde ja bereits erläutert. Dennoch bleibt die Organisation neuen Wissens ausgesprochen ineffizient. Das Arbeitsgedächtnis lässt sich nicht umgehen, seine Kapazitäten können nur sehr bedingt erhöht werden – Lernen wäre demnach ein quälend langsamer Prozess. Doch an dieser Stelle greift das Langzeitgedächtnis ein, oder genauer gesagt die dort bereits

vorhandenen Schemata gelernten Wissens. Diese Schemata können nämlich für das Arbeitsgedächtnis die Funktion der fehlenden Organisationsinstanz übernehmen. Sie bestimmen, wann wie gemacht werden soll, sie lenken die Informationsverarbeitung. Wenn keine entsprechenden Schemata vorhanden sind, dann bleibt dem Arbeitsgedächtnis freilich nur die ineffiziente Methode zur Informationsorganisation. Zumindest theoretisch bedeutet das also, dass



das Lernen unbekannter Informationen zunehmend leichter fällt und schneller geht, je mehr Wissen bereits als Schemata im Langzeitgedächtnis angelegt ist – je mehr Schemata vorhanden sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich darunter das eine oder andere findet, welches in der Lage ist, die neuen Informationen gezielt zu organisieren.

Konsequenzen für das Aufbereiten von Lerninhalten

Soweit sind Schemata im Langzeitgedächtnis die einzige Möglichkeit, neue Informationen im Arbeitsgedächtnis effizient zu organisieren. Tatsächlich können auch Informationen, die von anderen bereitgestellt werden, quasi externe Schemata, ebenfalls als Organisationsinstanzen wirken. Und genau hier setzen elementare Vorteile von besonders aufbereiteten Lerninhalten ein: Das Wissen anderen, zum Beispiel niedergeschrieben in einem Buch, kann somit als Organisationshilfe dienen, wenn eigene Schemata nicht vorhanden sind. Allerdings muss das Wissen anderer besonders aufbereitet sein, um für den Lernenden als organisierendes Schema zu dienen. Das gelenkte Lernen (im Gegensatz zum un gelenkten Lernen durch Versuch und Irrtum) erlaubt dem Lernenden also eigene Schemata aufzubauen, ohne erst zeitraubend die Informationen organisieren zu müssen.

Ziel einer Lehrkraft muss es also sein, Schemata im Langzeitgedächtnis des Schülers zu verankern, dabei die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses zu berücksichtigen und möglichst externe Schemata zu Verfügung zu stellen, damit die Schüler schneller und leichter neues Wissen organisieren und Schematisieren können. Diese Erkenntnisse haben entscheidende Bedeutung für das Entwickeln von Lehrmethoden und Materialien auch und besonders im Multimediabereich.

Was sind nun kognitive Belastungen?

Im Folgenden soll nun nochmal genauer auf die beschränkte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und die Arten der kognitiven Belastung, welche die Kapazität erschöpfen, eingegangen werden. Ziel ist es, die kognitive Belastung der Lernmaterialien gering zu halten, um das Arbeitsgedächtnis nicht zu überfordern (im nächsten Kapitel wird dann genauer auf den optimalen Einsatz der beiden Kanäle, visuell und auditiv, eingegangen).

Es gibt drei Kategorien kognitiver Belastungen für das Arbeitsgedächtnis, die nach Möglichkeit gering gehalten werden müssen:

- extrinsische kognitive Belastung
- intrinsische kognitive Belastung
- lernbezogene kognitive Belastung

Extrinsische kognitive Belastungen

Diese Art der kognitiven Belastung kommt quasi von außen (extrinsisch), sie wird durch das Lernmaterial an sich verursacht. Wenn dieses nämlich irrelevante oder überflüssige Informationen enthält, die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses ignoriert oder das Arbeitsgedächtnis nicht auf die Bildung von Schemata ausrichtet, hat das eine hohe kognitive Belastung zur Folge. Gerade im Multimediabereich und bei den Neuen Medien kommt es häufig vor, dass Elemente nur aus optischen Gründen vorhanden sind. Diese lenken jedoch von den eigentlichen Informationen ab und erschweren so das Lernen. Eine optimale Gestaltung des Lehrmaterials verringert also die extrinsische Belastung auf das Arbeitsgedächtnis. Es werden im Folgenden verschiedene Effekte vorgestellt, die Einfluss auf die extrinsische Belastung haben:

- der Beispiel-Effekt⁵

Wenn die Lösung zu einem Problem mitgeliefert wird, dann lernen die Lernenden mehr, als wenn sie sich die Lösung selbst erarbeiten müssen. Die Suche nach der Lösung stellt eine massive Belastung des Arbeitsgedächtnisses dar und hat negativen Einfluss auf die Schemabildung. Ein ausgearbeitetes Beispiel mit reduziertem oder gar ohne Eigenanteil

⁵ worked example effect

reduziert die extrinsische Belastung und erleichtert das Lernen. Diese Aussage scheint im Widerspruch zur gängigen Erfahrung zu stehen, dass Lernen durch eigenes Erarbeiten besser ist als alles präsentiert zu bekommen. Dieser Widerspruch lässt sich auflösen, wenn man festhält, dass der Beispiel-Effekt schnelleres, zielgerichtetes Lernen ermöglicht, nicht unbedingt qualitativ besseres.

- der Geteilte-Aufmerksamkeit-Effekt⁶

Er tritt auf bei verschiedenartigen visuellen Informationen, die alle für das Verstehen notwendig sind. Die einzelnen Informationen müssen erst mental zusammengefügt werden und erzeugen so eine hohe extrinsische Belastung. Um diese zu reduzieren sollten, soweit möglich, die einzelnen visuellen Informationen zusammengefasst werden.

- der Präsentationseffekt⁷

Wenn verschiedene Informationen zum Verstehen benötigt werden, dann sollten sie möglichst über unterschiedliche Kanäle in das Arbeitsgedächtnis gelangen. So ist ein Bild in Verbindung mit einem Audiokommentar einem Bild mit einer nebenstehender schriftlichen Erläuterung vorzuziehen, da im ersten Fall sowohl der visuelle als auch der auditive Kanal verwendet werden. Die Reduzierung der kognitiven Belastung wird also nicht durch Zusammenlegen erreicht, sondern durch das Verwenden verschiedener Kanäle. Dass dies die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses erhöht wurde ja bereits dargelegt.

- der Redundanz-Effekt⁸

Wenn Informationen zwar verschieden aufbereitet sind, aber denselben Inhalt haben, dann sind diese redundant. Statt sich zu ergänzen behindern sie sich gegenseitig und erhöhen die kognitive Belastung. Ein abgebildetes Diagramm, das in einem nebenstehenden Text einfach nur beschrieben wird, ist so ein Fall. Das Entfernen redundanter Information verringert so die Belastung und erleichtert das Lernen. Auch diese Aussage steht in einem gewissen Widerspruch zu allgemeinen Erfahrung. Aufgelöst

⁶ split attention effect

⁷ modality effect

⁸ redundancy effect

wird dieser Widerspruch jedoch, wenn man von optimalen Bedingungen ausgeht, nämlich dass beide (redundante) Wissensträger für den Lernenden exakt gleich gut das Wissen vermitteln. Nur dann ist wirklich einer der beiden überflüssig und erhöht die kognitive Belastung. Häufig wird es jedoch der Fall sein, dass ein Lernender den einen Wissensträger (also zum Beispiel das Diagramm) aufgrund individueller Voraussetzungen besser verstehen kann als den anderen (den Text).

- der Kompetenz-Umkehr-Effekt⁹

Dieser Effekt tritt auf, wenn zusammengelegte oder Mehrkanalinformationen ihre Wirksamkeit verlieren, weil der Lernende bereits in seinem Wissen fortgeschritten ist. Informationen, für den Beginner wichtig, sind für den Fortgeschrittenen redundant und behindern ihn eher in seinem Lernfortschritt. Fortgeschrittene Lerner sollten also möglichst nicht bekannte Informationen mit neuen Informationen vermischt präsentiert bekommen (hier entstünde eine Art Redundanz-Effekt, da Teile des Lerninhaltes bereits bekannt sind und somit redundant werden). In einer heterogenen Lerngruppe wird sich dieser Fall jedoch kaum vermeiden lassen.

Intrinsische kognitive Belastung

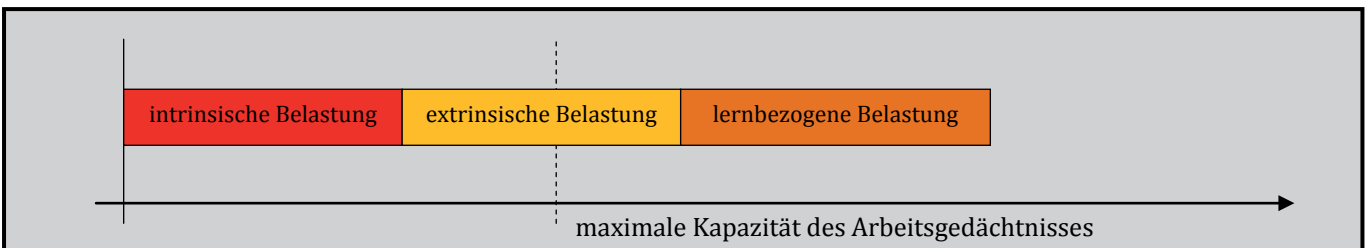
Die intrinsische Belastung ist abhängig vom Lernstoff selbst, also gewissermaßen seinem Schwierigkeitsgrad und seiner Komplexität. Je schwieriger und komplexer Lerninhalte sind, desto höher ist die kognitive Belastung. So stellt das Vokabellernen eine geringe kognitive Belastung dar, weil es dabei jeweils um Einzelinformationen ohne weitere Verknüpfungen handelt. Das Lernen von Grammatik dagegen erzeugt eine hohe kognitive Belastung, denn hierbei handelt es sich um viele, untereinander verknüpfte (komplexe) Elemente.

⁹ expertise reversal effect

Lernbezogene Kognitive Belastung¹⁰

Der effektive Einsatz von kognitiver Belastung kann die Schemabildung vereinfachen und Automatisierung fördern. Präsentiert man dem Lernenden mehrere Beispiele zu ein und demselben Problem, so erhöht das zwar die kognitive Belastung (Redundanz!), fördert gleichzeitig aber die Schemabildung! Hier wird also ein negativer Effekt in Kauf genommen, weil der zu erwartende positive Effekt, nämlich die Förderung der Schemabildung, in seiner Summe größer ist.

Alle drei Belastungen, extrinsische, intrinsische und lernbezogene, verhalten sich additiv. Eine hohe Belastung in allen drei Bereichen addiert sich auf und führt damit unweigerlich zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses.



Das Ziel muss es also sein, die extrinsische Belastung durch optimale Lernmaterialien so gering wie möglich zu halten. Unter Umständen kann dann die lernbezogene Belastung erhöht werden, sofern nicht die intrinsische Belastung ihrerseits bereits sehr hoch ist. Ist letztere jedoch sehr gering, dann können auch die Lehrmaterialien eine hohe extrinsische Belastung aufweisen.

Letztendlich muss immer darauf geachtet werden, dass die maximale Belastungskapazität des Arbeitsgedächtnisses nicht überschritten wird. Natürlich hält man im Idealfall die extrinsische Belastung so gering wie möglich und passt dann die lernbezogene Belastung an, während man auf die intrinsische Belastung keinen Einfluss hat – sie muss als gegeben hingenommen werden.

¹⁰ germane cognitive load

Zusammenfassung

Bei der Aufbereitung von Lerninhalten, besonders multimedialen, muss Verschiedenes berücksichtigt werden:

- Neues Wissen ist nur wirklich gelernt, wenn es im Langzeitgedächtnis als Schema gespeichert wurde.
- Der Weg in das Langzeitgedächtnis geht immer über das Arbeitsgedächtnis.
- Dieses wiederum verfügt über einen visuellen und einen auditiven Kanal.¹¹
- Das Arbeitsgedächtnis ist bestimmten Einschränkungen unterworfen, kann nur etwa sieben Elemente gleichzeitig verarbeiten und diese nicht länger als 20 Sekunden speichern. Außerdem kann es neue Informationen nur nach Versuch und Irrtum organisieren – es selbst verfügt über keine eigene Organisationsinstanz.
- Bereits vorhandene Schemata im Langzeitgedächtnis können als Organisationsinstanz für neue Informationen im Arbeitsgedächtnis dienen.
- Ebenso verhält es sich mit entsprechend aufbereitetem Wissen Dritter, welches als externes Schema dient und die Organisation im Arbeitsgedächtnis erleichtert.
- Die kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses muss möglichst gering gehalten werden. Belastungsfaktoren sind: extrinsisch, intrinsisch und lernbezogen.

¹¹ Es sei darauf hingewiesen, dass es auch einen taktilen Kanal gibt, dieser beim multimedialen Lernen jedoch eine sehr untergeordnete Rolle spielt.

2 – Die Kognitive Theorie multimedialen Lernens

Einleitung

In Kapitel 1 wurde auf die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnissen vor allem in Bezug auf seine Kapazität eingegangen. Es wurden Faktoren aufgezeigt, die Einfluss auf den Grad der Belastung bis hin zur Überlastung haben. Ferner wurde die Arbeitsweise des Arbeitsgedächtnisses beschrieben, sowie die daraus resultierenden Probleme und Lösungsstrategien. Auch die zwei Kanäle, durch die Lerninhalte in das Arbeitsgedächtnis gelangen, kamen zur Sprache. Vorrangig also ging es in Kapitel 1 darum, wie das Arbeitsgedächtnis funktioniert, welche Schwierigkeiten mit ihm verbunden sind und welche Bedingungen Lernmaterialien optimaler Weise erfüllen müssen, um die besonderen Voraussetzungen des Arbeitsgedächtnisses zu berücksichtigen.

Kapitel 2 greift die Erkenntnisse des vorangegangenen Kapitels auf und geht auf ihre Bedeutung für multimediales Lernen im Speziellen ein. Dabei werden die beiden Kanäle, der auditive und der visuelle, besonders berücksichtigt und ihre Arbeitsweise dargelegt.

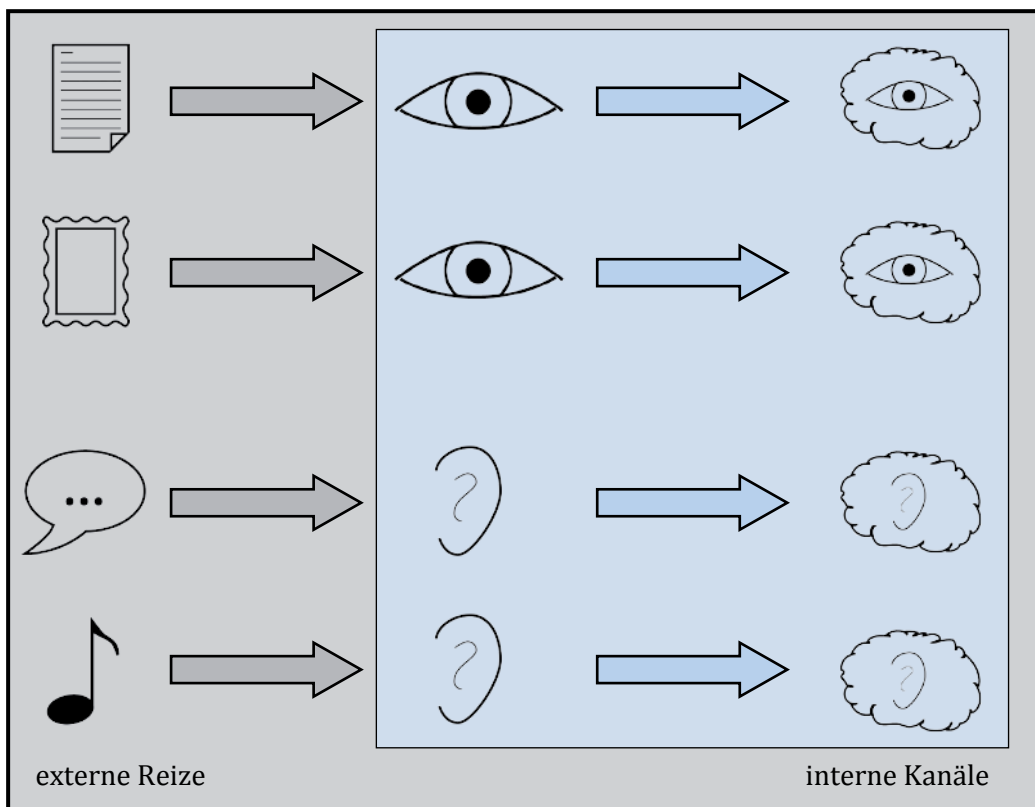
Aus den bisherigen Erkenntnissen muss geschlussfolgert werden, dass sich Lernen an den dargelegten kognitiven Voraussetzungen des Menschen orientieren muss, wenn es erfolgreich sein soll. Eine weitere Erkenntnis besteht darin, dass Lernen durch den Einsatz verschiedenen Medien, sprich Wörter und Bilder, positiv beeinflusst wird und monomedialem Lernen überlegen ist. Empirische Untersuchungen belegen dies. Allerdings führen Bilder, die einfach zu einem Text hinzugefügt werden, nicht automatisch zu einem Lernvorteil. Die folgenden Ausführungen werden klären, wie multimediale Lernmaterialien aufbereitet sein müssen, wie die Kombination von Wörtern und Bildern das Verstehen fördert und wie dann die kognitiven Prozesse beim Menschen funktionieren. Gewisse Überschneidungen mit Kapitel 1 lassen sich dabei nicht vermeiden.

Drei Grundannahmen für die Theorie zum multimedialen Lernen

Die Zwei-Kanal-Annahme¹²

Der Mensch verfügt über zwei Informationsverarbeitungskanäle, nämlich über einen visuellen und einen auditiven Kanal. Während der visuelle Kanal Bilder, Texte, Animationen und Videos verarbeitet, übernimmt der auditive Kanal gesprochene Sprache und Geräusche (z.B. Musik). Es gibt nun zwei Wege, um die Unterschiede beider Kanäle zu konzeptualisieren:

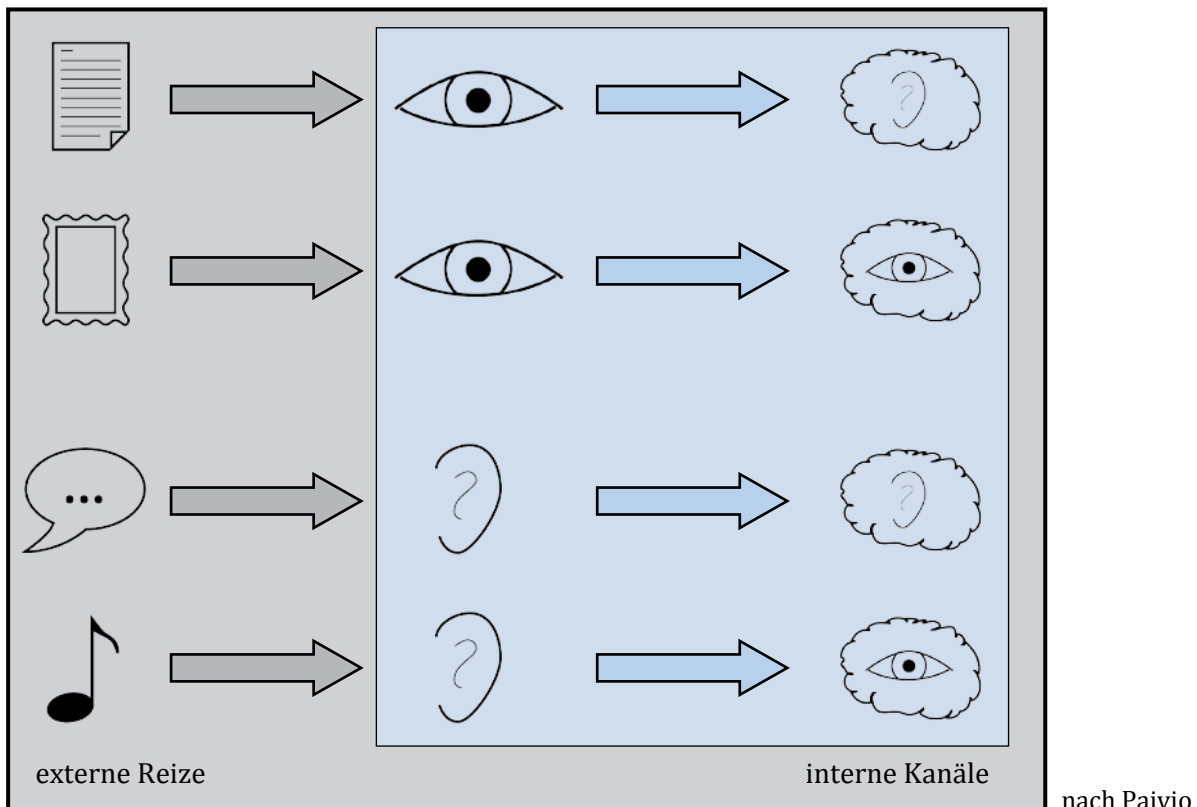
Baddely hat sein Konzept nach der Art der sensorischen Wahrnehmung aufgebaut. So verarbeitet jener Kanal, der eine Information aufnimmt, diese auch im Arbeitsgedächtnis. Alle visuellen Informationen werden demnach auch im visuellen Kanal des Arbeitsgedächtnisses verarbeitet (Bilder, Texte, Videos), alle auditiven im auditiven Kanal (Sprache, Geräusche, Musik).



nach Baddely

¹² dual-channel assumption

Paivio dagegen hat sein Konzept abhängig von den Präsentationsmodalitäten¹³ entwickelt. Es richtet sich danach, ob die präsentierten Materialien verbaler (auditiv) oder aber nonverbaler (visuell) Natur sind. Alle verbalen Informationen (Text, Sprache) werden demnach vom auditiven Kanal verarbeitet, alle nonverbalen (Bilder, Geräusche, Musik ohne Gesang) vom visuellen. Das hat allerdings zur Folge, dass geschriebener Text zwar über die Augen, also visuell, aufgenommen, dann aber auditiv im auditiven Kanal verarbeitet wird. Dagegen wird Musik (ohne Gesang) zwar über das Ohr aufgenommen, jedoch dann im visuellen Kanal verarbeitet, da es sich um nonverbale Informationen handelt.



¹³ presentation mode

Der Hauptunterschied beider Konzepte liegt also in der Verarbeitung von gesprochener Sprache und von Geräuschen bzw. Musik. Mayer hat nun für seine Theorie zum multimedialen Lernen die beiden Konzepte von Paivio und Baddely miteinander verschmolzen. In seinem Konzept gelangen die Informationen nach ihrer sensorischen Aufnahmeart in den entsprechenden Kanal (alles was gesehen wird gelangt in den visuellen Kanal, alles was gehört wird den auditiven). Im Arbeitsgedächtnis können die Informationen aber unter Umständen den Kanal, der sie verarbeitet wird, wechseln. So kann es zum Beispiel sein, dass geschriebener Text über das Auge in den visuellen Kanal gelangt und von diesem in das Arbeitsgedächtnis transportiert wird. Dort jedoch wird er von einer visuellen in eine auditive Information umgewandelt (z.B. wenn der Lernende die geschriebenen Wörter mental in gesprochene Sprache umwandelt), so dass die endgültige Verarbeitung vom auditiven Kanal übernommen wird. Dagegen gelangt das in einer mündlichen Erzählung genannte Wort „Katze“ zwar über das Ohr und damit durch den auditiven Kanal in das Arbeitsgedächtnis, erzeugt dort jedoch das Bild einer Katze. Als Konsequenz wird die Information „Katze“ vom visuellen Kanal im Arbeitsgedächtnis verarbeitet, obwohl sie ursprünglich auditiven Charakter hatte.

Die Begrenzte-Kapazität-Annahme¹⁴

Bereits im vorigen Kapitel wurde deutlich darauf hingewiesen, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses stark eingeschränkt ist. Durch den Einsatz beider Kanäle ließ sich die Gesamtkapazität zwar signifikant steigern, jedoch keineswegs verdoppeln. Da nun also das Arbeitsgedächtnis als solches über eine eingeschränkte Kapazität, so gilt dies natürlich auch für die beiden Kanäle!

Bei Illustrationen kann demnach nur eine stark beschränkte Zahl an Bildern (Bildteilen) im Arbeitsgedächtnis zur Verarbeitung gespeichert werden. Diese beschränken sich auf die wichtigsten Bildinformationen, alles Überflüssige fällt weg. Ähnlich verhält es sich bei einer Erzählung. Nur ein paar wenige Worte eines gesamten Satzes oder Abschnittes können im Arbeitsgedächtnis gespeichert werden. Die Konsequenz ist also, dass der Lernende sich entscheiden muss, welche Informationen er seine Aufmerksamkeit schenken will – er muss also selektieren. Was dies für die kognitiven Prozesse beim Lernen bedeutet, das wird noch geklärt.

¹⁴ limited capacity assumption

Wie viele Informationen maximal pro Kanal gleichzeitig gespeichert werden, das lässt sich experimentell ermitteln. Um herauszufinden, wie viele Bilder sich ein Mensch im Arbeitsgedächtnis merken kann zeigt man ihm im Sekundentakt eine ganze Reihe verschiedener, einfacher Zeichnungen, zum Beispiel ein Auto, einen Baum, ein Haus, usw. Schließlich wird die Testperson aufgefordert sich in umgekehrter Reihenfolge an die Bilder zu erinnern. Die Zahl der Bilder, die in richtiger Reihenfolge bis zum ersten Fehler erinnert werden, beschreibt die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses in Bezug auf Bilder. Ähnlich lässt sich auch mit einer Zahlenfolge experimentieren. Daran kann man auch nun gut zeigen, wie die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses durch einen Trick erhöht werden kann. Und zwar lassen sich einzelne Zahlen zu einer Zahlengruppe zusammenfassen. Diese Gruppe gilt dann nur als ein Element im Arbeitsgedächtnis, unabhängig davon, dass sie vielleicht zwei oder gar drei Zahlen enthält. Die kognitive Kapazität bleibt gleich, aber durch diese Gruppenbildung können trotzdem mehr Zahlen erinnert werden. Wie jedoch schon in Kapitel 1 festgestellt, liegt die Kapazität, auch für jeden Kanal, zwischen fünf und sieben Elementen, die gleichzeitig erinnert und verarbeitet werden können.

Die Aktive-Verarbeitungs-Annahme¹⁵

Diese Annahme geht davon aus, dass der Lernende bewusst kognitive Prozesse einsetzt um zu lernen. Er versucht aktiv die multimedialen Informationen zu verarbeiten, sie zu verknüpfen und ihnen so einen Sinn zu geben (Schemabildung). Der Mensch ist also kein „Kassettenrekorder“, der alle Informationen passiv im Gedächtnis abspeichert. Aktives Lernen tritt also auf, wenn der Lernende die ankommenden Informationen kognitiven Prozessen aussetzt um sie zu organisieren und zu verstehen. Das Ergebnis ist ein mentales Modell der externen Informationen, oder wie Sweller es nennt, ein Schema.

Mentale Modelle oder Schemata können auf verschiedene Weise strukturiert werden:

- durch einen Prozess
(z.B. Verknüpfungen der Elemente nach dem Ursache-Wirkung-Prinzip)
- durch einen Vergleich
(eine Matrix könnte Elemente auf verschiedenen Ebenen miteinander vergleichen)
- durch Generalisierung
(eine Art Baumdiagramm mit einer zentralen Idee, ergänzt durch viele verästelte Details)

¹⁵ active processing assumption

- durch Aufzählung
(eine Liste von gesammelten Elementen)
- durch Klassifizierung
(eine Hierarchie von Elementen, z.B. das Klassifizierungssystem biologischen Lebens in Arten und Unterarten)

Die Aktive-Verarbeitung-Annahme legt zwei wichtig Schlussfolgerungen für die Aufbereitung von Lerninhalten nahe:

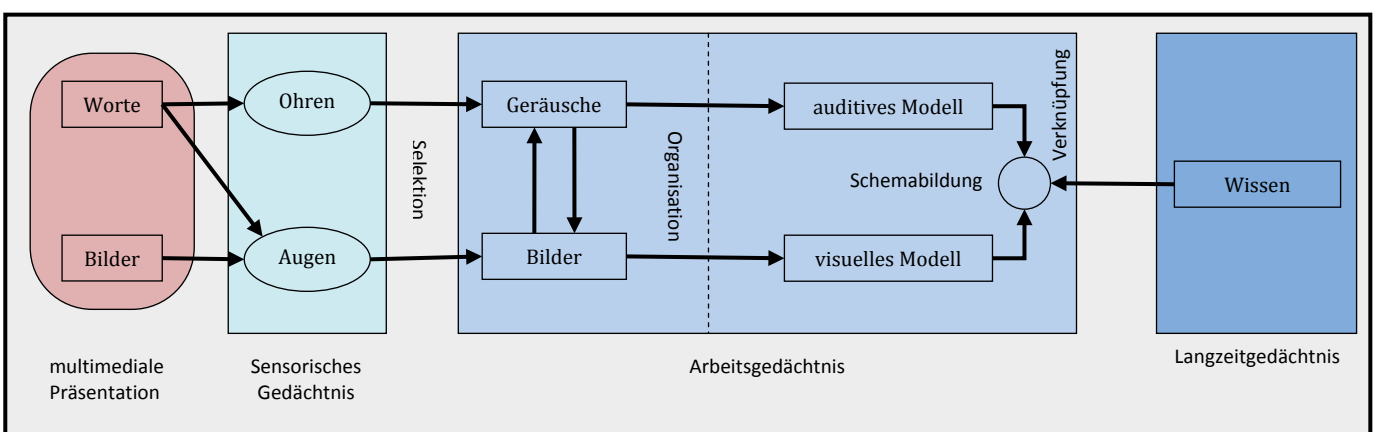
- 1) Das präsentierte Material (=aufbereiteter Lerninhalt) sollte eine zusammenhängende Struktur aufweisen.
- 2) Das präsentierte Material sollte den Lernenden anleiten, wie das neue Wissen strukturiert werden kann.

Ohne eine zusammenhängende Struktur der aufbereiteten Lerninhalte werden die Anstrengungen zur Schemabildung beim Lernenden unmöglich gemacht, ohne eine Anleitung (im Sinne von anleiten) zur richtigen Struktur wiederum wird das Arbeitsgedächtnis stark beansprucht und eine Schemabildung wenigstens erschwert. Die Aufbereitung, vor allem multimedialer Lerninhalte, kann also dahingehend verstanden werden, dem Lernenden in seinen Bemühungen Schemata zu bilden zu assistieren.

Drei Gedächtnisarten beim multimedialen Lernen

Bis multimedial aufbereitete Informationen im Langzeitgedächtnis dauerhaft gespeichert werden, müssen sie zuerst im Arbeitsgedächtnis organisiert werden. Doch dem Arbeitsgedächtnis ist noch ein weiteres vorgeschaltet: das Sensorische Gedächtnis. Nach Aufnahme aller Informationen durch die Sinne gelangen diese zuerst ungefiltert in das Sensorische Gedächtnis. Es handelt sich dabei um ein exaktes Abbild der real (im Gegensatz zu mental) existierenden Informationen. Die Datenmenge ist entsprechend groß, die Speicherzeit dieses Gedächtnisses dagegen extrem kurz.

Aus allen Informationen im Sensorischen Gedächtnis muss der Lernende nun eine Auswahl treffen, indem er seine Aufmerksamkeit auf bestimmte Teile richtet. Diese werden dann in das



Arbeitsgedächtnis transportiert, dem zentralen Ort multimedialen Lernens, da die ausgewählten Informationen hier verarbeitet werden. Das „Rohmaterial“ kann hier unter Umständen noch den verarbeitenden Kanal wechseln, erst dann findet die Organisation statt, an die sich dann die Verknüpfung mit bereits gelerntem Wissen anschließt. Die Vorgänge im Arbeitsgedächtnis sind also zweischrittig (bei Kanalwechsel auch dreischrittig).

Drei Prozesse beim multimedialen Lernen

Beim aktiven (multimedialen) Lernen sind drei Prozesse von entscheidender Bedeutung:

- 1) Auswahl relevanter Informationen aus allen zu Verfügung stehenden Informationen und der Transport dieser in das Arbeitsgedächtnis.
- 2) Organisation der unsortierten und unverknüpften Informationen.
- 3) Verknüpfung der gewonnenen Strukturen untereinander und mit dem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis (Integration).

Es sei darauf hingewiesen, dass Mayer das multimediale Lernen tatsächlich sogar in fünf Prozesse unterteilt, nämlich in je zwei bei der Selektion und zwei bei der Organisation, denn er unterscheidet jedesmal zwischen der Selektion im visuellen und jener im auditiven Kanal. Der Grund, weshalb Mayer so stark zwischen den Kanälen differenziert liegt vermutlich weniger daran, dass sich die Mechanismen von Selektion oder Organisation zwischen den beiden Kanälen unterscheiden, sondern vielmehr darin, dass er damit verdeutlichen will, dass diese Prozesse gleichzeitig stattfinden. Es können also zeitgleich Wörter und Bilder selektiert oder organisiert werden. Das heißt im Umkehrschluss, dass beim multimedialen Lernen die beiden Kanäle parallel und gleichzeitig arbeiten können. Diese Erkenntnis wurde ja bereits im ersten Kapitel gewonnen, als es um die Erhöhung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ging.

Die Verknüpfung der in den beiden Kanälen organisierten Elemente untereinander und schließlich auch mit Wissen aus dem Langzeitgedächtnis stellt eine äußerst anspruchsvolle kognitive Leistung dar. (Nicht zu verwechseln mit dem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis, welches als Organisationsinstanz für das Arbeitsgedächtnis herangezogen werden kann!)

Die Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses, selbst bei Verwendung beider Kanäle, wurde zu genüge erläutert. Für die drei Lernprozesse gilt, dass sie während einer multimedialen Präsentation neuen Wissens immer wieder hintereinander ablaufen. Es können immer nur geringe Mengen an Informationen aus einer Präsentation entnommen und verarbeitet werden, Segment für Segment. Der Tatsache, dass diese Prozesse sehr schnell ablaufen ist es zu verdanken, dass der Lernende dennoch in der Lage ist, eine komplette multimediale Präsentation hindurch zu lernen. Doch genau dies ist das kritische Moment beim multimedialen Lernen: Wenn die Materialien und Lerninhalte nicht optimal aufbereitet wurden, dann verzögert sich die Verarbeitung der Informationen beim Lernenden oder kommt gar ganz zum Stehen. Kommt der Lernende nicht mehr mit der Verarbeitung hinterher, so scheitert er beim Lernen – und somit scheitert auch die Vermittlung der Lerninhalte!

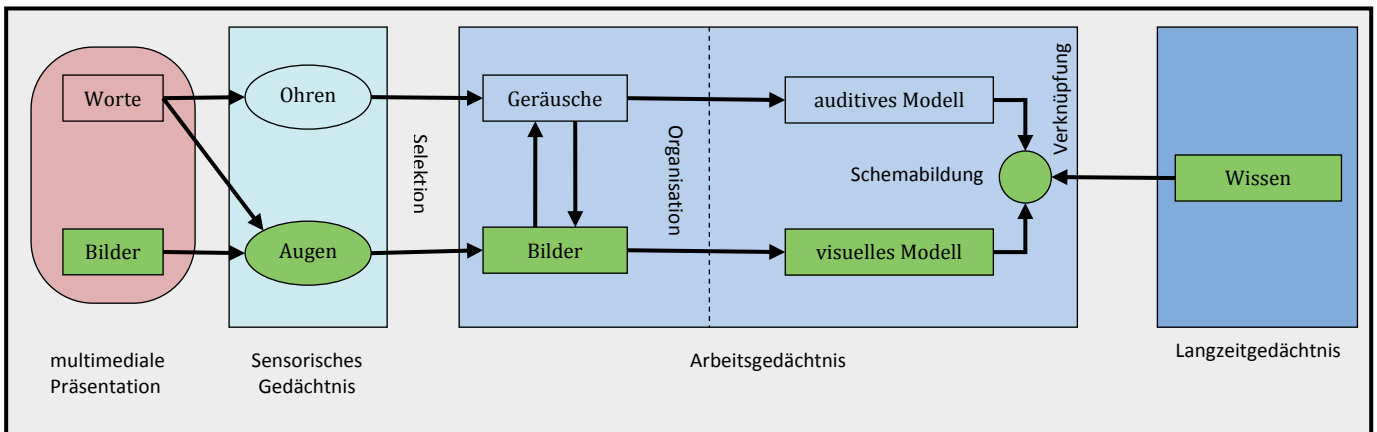
Drei „Bausteine“ multimedialer Präsentationen

Multimediale Präsentationen zur Vermittlung von Wissen bedienen sich in der Regel aus dem Fundus folgender drei „Bausteine“:

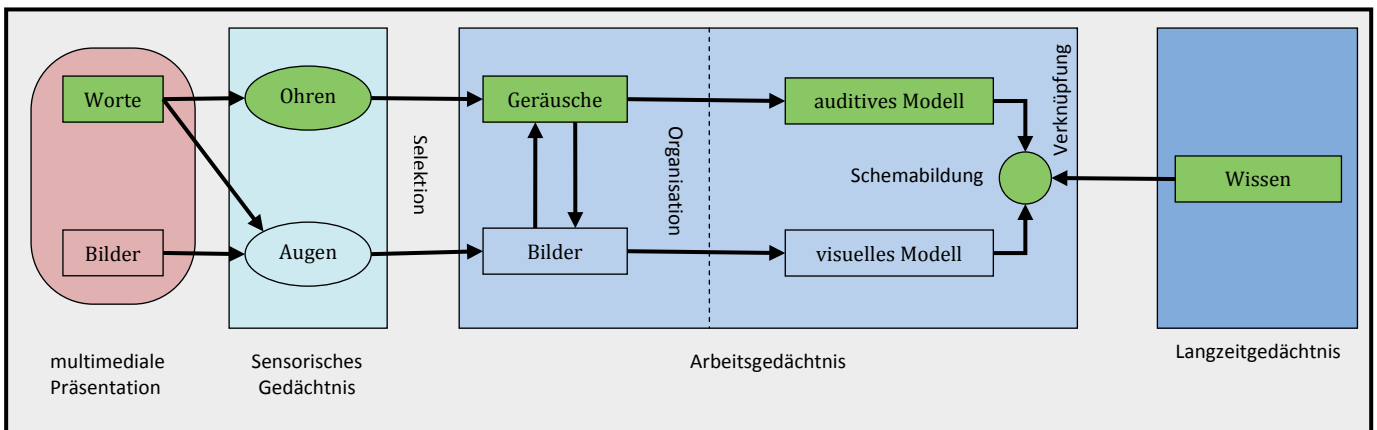
- Bilder (Illustrationen, Fotos, Videos, Animationen usw.)
- geschriebene Worte
- gesprochene Worte

Im Folgenden sollen nun kurz die kognitiven Wege gezeigt werden, welche ein jeder Baustein während seiner Verarbeitung durchläuft, bis er schließlich integriert in ein Schema im Langzeitgedächtnis abgelegt wird:

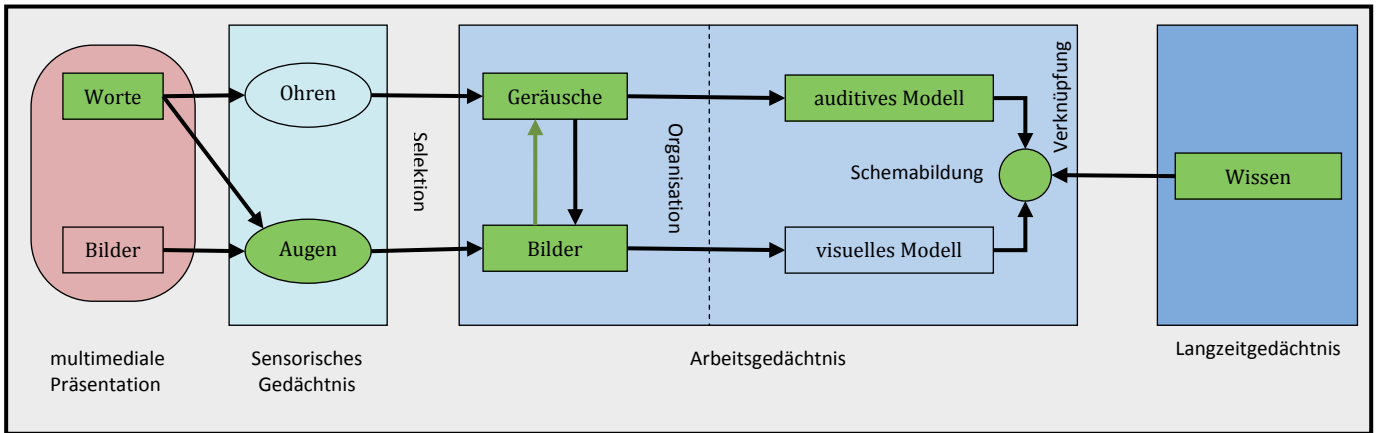
• Bilder:



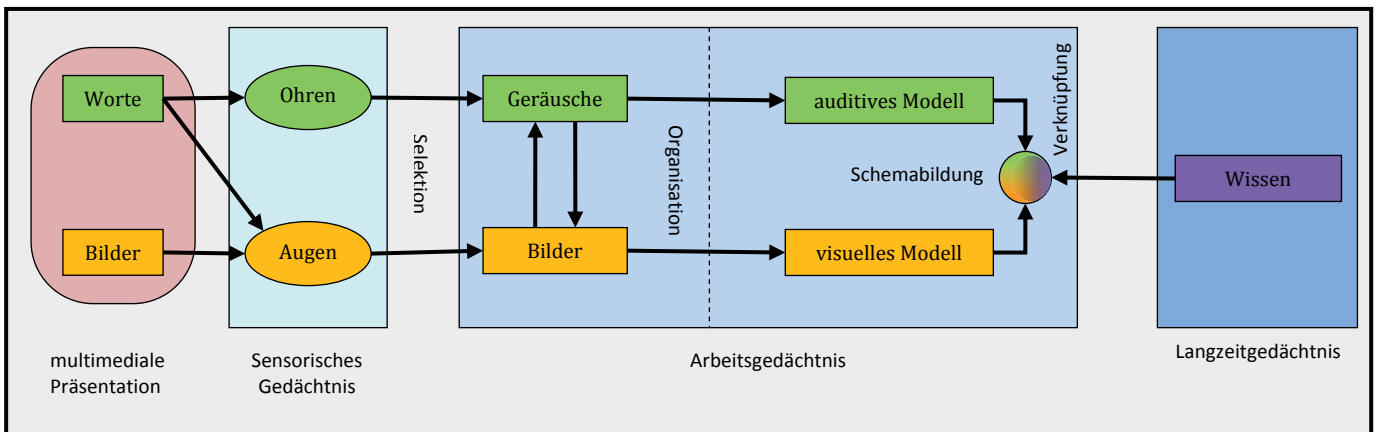
• gesprochene Worte:



• geschriebene Worte:



Die oberen drei Grafiken betrachten letztendlich nur eine monomediale Aufnahme von Lerninhalten. Beim multimedialen Lernen werden aber gerade beide Kanäle angesprochen, die Informationen darin gleichzeitig verarbeitet. Folgende Grafik soll den parallelen Ablauf verdeutlichen:



Zusammenfassung

Multimediales Lernen kann nur funktionieren, wenn die besonderen Voraussetzungen des kognitiven Systems des Lernenden berücksichtigt werden:

- zwei Kanäle, einen visuellen und einen auditiven
- die Kanäle unterliegen im Arbeitsgedächtnis dessen Einschränkungen
- Organisation der Elemente ist vonnöten, um zu lernen

Dabei ist multimediales Lernen überaus anspruchsvoll, bestehend aus drei Prozessen:

- 1) Auswahl relevanter Informationen aus allen zu Verfügung stehenden Informationen und der Transport dieser in das Arbeitsgedächtnis.
- 2) Organisation der unsortierten und unverknüpften Informationen.
- 3) Verknüpfung der gewonnenen Strukturen untereinander und mit dem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis (Integration), und anschließendes Speichern im Langzeitgedächtnis.

Es ist zu beachten, dass diese Prozesse nacheinander ablaufen, allerdings parallel in beiden Kanälen. Multimediale Inhalte werden nicht als ganzes erfasst, sondern Segment für Segment diesen Prozessen unterworfen. Während einer multimedialen Präsentation folgen diese Prozesse also unzählige Male nacheinander. Dabei kann es auch vorkommen, dass Lerninhalte über einen Kanal aufgenommen und ins Arbeitsgedächtnis transportiert werden, dort jedoch den Kanal wechseln, bevor sie verarbeitet werden. Der Lernende muss so aktiv diese Prozesse steuern, er kann Informationen nicht wie ein Kassettenrekorder passiv speichern.